

TỔNG QUAN VỀ Ô NHIỄM NEONICOTINOID TỪ HOẠT ĐỘNG NÔNG NGHIỆP VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ

Hoàng Hồng Giang¹, Đồng Thị Thu Huyền¹, Bùi Thị Phương Thúy^{2*}

¹ Trường Đại học Công nghệ Đồng Nai

² Trường Đại học Văn Lang

*Tác giả liên hệ: Bùi Thị Phương Thúy, thuy.btp@vlu.edu.vn

THÔNG TIN CHUNG

Ngày nhận bài: 04/06/2024

Ngày nhận bài sửa: 12/06/2024

Ngày duyệt đăng: 28/06/2024

TỪ KHOÁ

Neonicotinoid;

Phân tích Neonicotinoid;

Xử lý Neonicotinoid;

Nông nghiệp xanh;

Nông nghiệp bền vững.

TÓM TẮT

Thuốc trừ sâu đóng vai trò quan trọng trong việc duy trì sản lượng nông nghiệp. Trong các loại thuốc trừ sâu có mặt trên thị trường hiện nay, Neonicotinoid được sử dụng khá rộng rãi dẫn đến dư lượng của chúng trong môi trường ngày một gia tăng. Sự hiện diện của Neonicotinoid trong đất, nước, và không khí có thể tác động đến sinh vật và sức khỏe con người thông qua các chuỗi thức ăn. Do đó, các nghiên cứu về Neonicotinoid là rất cần thiết để hướng đến một nền nông nghiệp xanh. Bài báo này nhằm tóm tắt những thông tin tổng quan về nguồn gốc, đặc điểm, và sự lan truyền của Neonicotinoid trong môi trường. Các phương pháp phân tích các mẫu chứa Neonicotinoid và các kỹ thuật loại bỏ chúng ra khỏi môi trường cũng được trình bày trong bài báo này. Bài báo này cung cấp cơ sở cho các nghiên cứu sâu hơn về Neonicotinoid cũng như là cơ sở cho các nhà quản lý môi trường và nông nghiệp trong giai đoạn hướng đến sự phát triển bền vững.

1. GIỚI THIỆU

Neonicotinoid là một loại thuốc trừ sâu được sử dụng rộng rãi trong nông nghiệp để bảo vệ cây trồng khỏi sâu bệnh (Goulson et al., 2013). Neonicotinoid thường được sử dụng để xử lý hạt giống, trong đó thuốc trừ sâu được phủ lên hạt giống trước khi trồng (Wan et al., 2021). Phương pháp này đảm bảo rằng thuốc trừ sâu được cây hấp thụ khi phát triển, cung cấp khả năng bảo vệ toàn thân chống lại sâu bệnh. Neonicotinoid cũng có thể được bón trực tiếp vào đất dưới dạng hạt hoặc dạng lỏng nhắm tiêu diệt các loài gây hại sống trong đất và cung cấp khả năng bảo vệ lâu dài hơn cho cây trồng (Wan et al., 2021). Mặc dù ít phổ biến hơn so với xử

lý hạt giống và phun qua đất, Neonicotinoid có thể được sử dụng dưới dạng phun qua lá để bảo vệ lá khỏi sâu bệnh (Goulson et al., 2013; Wan et al., 2021).

Neonicotinoid được sử dụng trong đồng nông nghiệp có thể lan truyền trong môi trường thông qua chảy tràn và rửa trôi, dẫn đến ô nhiễm các nguồn nước mặt và nước ngầm (Wood, Goulson et al., 2017). Lượng mưa và các sự kiện tưới tiêu có thể huy động Neonicotinoid trong đất và vận chuyển chúng đến các nguồn nước gần đó. Neonicotinoid có thể tồn tại trong môi trường trong thời gian dài, đặc biệt là trong đất và nước (Goulson et al., 2013; Wood, Goulson et al., 2017). Thời gian bán hủy dài của

chúng có thể dẫn đến tích tụ sinh học trong các sinh vật và khuếch đại sinh học thông qua chuỗi thức ăn, gây ra rủi ro cho các bậc dinh dưỡng cao hơn. Neonicotinoid có thể gây tác động đến các sinh vật không phải mục tiêu, bao gồm các loài thụ phấn như ong, cũng như các loài côn trùng có lợi, chim và các sinh vật thủy sinh (Wood, Goulson et al., 2017).

Tại Việt Nam, cùng với sự phát triển mạnh mẽ của sản xuất nông nghiệp, một lượng lớn thuốc trừ sâu, thuốc diệt cỏ, và thuốc diệt nấm được sử dụng để kiểm soát sâu bệnh và tăng sản lượng cây trồng (Van Toan et al., 2013; Wan et al., 2021). Trong đó, các loại Neonicotinoid cũng được sử dụng rộng rãi tại nước ta (Wan et al., 2021). Tuy nhiên, các nghiên cứu về Neonicotinoid là chưa phổ biến ở nước ta. Một số nghiên cứu trong nước tập trung vào các loại thuốc trừ sâu được sử dụng phổ biến và một số sản phẩm phân hủy của chúng, bao gồm Neonicotinoid (Chau et al., 2015; Van Toan et al., 2013). Hầu như chưa có các nghiên cứu tổng quan về đặc điểm, nguồn gốc của Neonicotinoid cũng như các phương pháp phân tích mẫu có chứa Neonicotinoid và các phương pháp xử lý chúng. Do đó nghiên cứu này nhằm đưa ra bức tranh tổng quan về Neonicotinoid. Các mục tiêu của nghiên cứu bao gồm (1) tổng quan về nguồn gốc, tính chất hóa lý, và sự vận chuyển trong môi trường của Neonicotinoid, (2) các phương pháp chuẩn bị mẫu và phân tích mẫu chứa Neonicotinoid, và (3) các phương pháp xử lý (loại bỏ) Neonicotinoid. Nghiên cứu này là cơ sở cho các nghiên cứu và hợp tác liên tục giữa các nhà khoa học, nhà hoạch định chính sách, và các bên liên quan. Nghiên cứu này góp phần phát triển và thực hiện các giải pháp bền vững nhằm giải quyết ô nhiễm Neonicotinoid.

2. NGUỒN GỐC VÀ TÍNH CHẤT HÓA LÝ CỦA NEONICOTINOID

Neonicotinoid là hợp chất được biết đến trong các loại thuốc trừ sâu tổng hợp, được sử

dụng rộng rãi để loại bỏ các loài côn trùng, sâu bệnh, để bảo vệ cây trồng (Goulson et al., 2013; Wood, Goulson et al., 2017). Chúng là một nhóm thuốc trừ sâu phổ rộng, có khả năng bảo vệ cây trồng lâu dài khỏi sự xâm nhập của côn trùng. Ngoài ra, Neonicotinoid còn được sử dụng phổ biến trong việc kiểm soát ký sinh trùng ở người và động vật. Vào năm 1991, loại Neonicotinoid đầu tiên được biết đến đó là imidacloprid (Ensley et al., 2018). Hiện nay, có bảy loại Neonicotinoid có bán trên thị trường. Cấu trúc hóa học và tên gọi của các loại Neonicotinoid theo hệ thống của Liên minh quốc tế về hóa học cơ bản và hóa học ứng dụng (The International Union of Pure and Applied Chemistry - IUPAC) được trình bày trong Bảng 1.

Neonicotinoid là chất rắn không bay hơi phân cực có độ hòa tan cao trong nước, có giá trị KOW thấp, và có thời gian bán hủy (DT50) trong đất thay đổi tùy theo hợp chất và loại đất (Ensley et al., 2018). Các tính chất lý hóa học khác của chúng được tổng hợp trong Bảng 2.

3. SỰ VẬN CHUYỂN CỦA NEONICOTINOID TRONG MÔI TRƯỜNG VÀ TÁC ĐỘNG CỦA CHÚNG

Dư lượng Neonicotinoid trong các sản phẩm thuốc trừ sâu, thuốc diệt côn trùng, và các sản phẩm chăm sóc, bảo vệ cây trồng sau khi sử dụng có thể đi vào các môi trường thành phần bao gồm môi trường đất và môi trường nước (Wood, Goulson et al., 2017). Cây trồng được báo cáo là chỉ hấp thụ từ 1,6 – 20% Neonicotinoid được bón vào hạt giống trong quá trình xử lý hạt giống (Sur & Stork, 2003). Phần lớn Neonicotinoid xâm nhập vào đất và một tỷ lệ nhỏ (<2%) được báo cáo là bị mất dưới dạng bụi trong quá trình gieo hạt (Tapparo et al., 2012). Sự tồn tại của chúng trong đất sẽ phụ thuộc vào nhiều yếu tố bao gồm loại đất, hàm lượng chất hữu cơ, tỷ lệ bón, luân canh cây trồng, sử dụng phân bón, và lượng mưa (Goulson et al., 2013; Wood, Goulson et al.,

2017). Đất có hàm lượng hữu cơ cao hơn sẽ có xu hướng hấp thụ nhiều imidacloprid hơn. Do đó, việc bón phân hữu cơ và phân chuồng có thể làm tăng sự tồn tại của imidacloprid trong đất.

Vì các hợp chất Neonicotinoid có thời gian bán hủy tương đối dài trong đất, cùng với việc tích lũy liên tục từ các mùa trồng trọt, dẫn đến sự tích tụ đáng kể của chúng trong đất (Ensley et al., 2018). Ngay sau khi sử dụng và trước khi hấp thụ vào đất, một phần đáng kể Neonicotinoid có thể bị nước cuốn trôi và ngấm vào nước mặt và nước ngầm, ví dụ do ảnh hưởng của mưa. Khi đã ở trong đất, Neonicotinoid cũng có thể bị rửa trôi do chúng độ hòa tan cao trong nước. Morrissey và cộng sự, (2015) đã báo cáo rằng Neonicotinoid được tìm thấy ở nồng độ từ ng L^{-1} đến hàng trăm μL^{-1} từ 29 nghiên cứu từ 9 quốc gia trên thế giới (Morrissey et al., 2015). Điều này gây ra rủi ro cho động vật không xương sống dưới nước và khả năng hấp thụ của các loài thực vật không phải mục tiêu của việc sử dụng Neonicotinoid. Mặc dù các hợp chất này được sử dụng để tiêu diệt côn trùng, một số nghiên cứu trong phòng thí nghiệm đã báo cáo rằng chúng cũng ảnh hưởng đến sức khỏe của các loài động vật khác bao gồm các loài chim ăn côn trùng và ăn hạt và chuột ở liều lượng dưới mức gây chết (Gibbons et al., 2015). Ví dụ, ở chim, chúng được biết là gây tiêu chảy, làm mỏng vỏ trứng, bất động (Lopez-Antia et al., 2013).

4. CÁC PHƯƠNG PHÁP CHUẨN BỊ MẪU VÀ PHÂN TÍCH MẪU CHỨA NEONICOTINOID

4.1. Các phương pháp chuẩn bị mẫu

Chuẩn bị mẫu là một bước quan trọng để đảm bảo tính chính xác của kết quả phân tích mẫu. Có nhiều kỹ thuật chuẩn bị mẫu được áp dụng trong các nghiên cứu trước đây bao gồm kỹ thuật QuEChER (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, and Safe), chiết xuất rắn-lỏng (Solid-liquid extraction - SLE), chiết xuất pha rắn (Solid-phase extraction - SPE), chiết

xuất lỏng-lỏng (Liquid-liquid extraction - LLE), và chiết xuất vi lỏng-lỏng phân tán (Dispersive liquid-liquid microextraction - DLLME). Trong đó, QuEChER là kỹ thuật chuẩn bị mẫu được ưa chuộng nhất do tính đơn giản, chi phí thấp, và thực hiện nhanh chóng của kỹ thuật này (González-Curbelo et al., 2015). Bảng 3. trình bày đặc điểm của các kỹ thuật chuẩn bị mẫu thường được sử dụng để chuẩn bị các mẫu chứa Neonicotinoid phục vụ cho bước phân tích mẫu.

4.2. Các phương pháp phân tích mẫu

Có nhiều phương pháp được sử dụng để phân tích các mẫu có chứa Neonicotinoid, bao gồm sắc ký lỏng kết hợp với khối phổ (LC-MS), sắc ký lỏng kết hợp với UV (LC-UV), sắc ký khí kết hợp với khối phổ (GC-MS), sắc ký ion (IC), và điện di mao quản (CE) (Jiménez-López et al., 2020). Jiménez-López và cộng sự, (2019) đã thực hiện đánh giá tài liệu về các phương pháp phân tích Neonicotinoid trong lĩnh vực nông-thực phẩm được sử dụng trong các nghiên cứu được công bố trong giai đoạn 2008 - 2019 và phát hiện ra rằng: 72% trong số các nghiên cứu này sử dụng sắc ký lỏng (LC), 4% sử dụng điện di mao quản (CE) và 3% sử dụng sắc ký khí (GC) và sắc ký ion (IC) (Jiménez-López et al., 2020).

Sắc ký lỏng kết hợp với khối phổ (LC-MS):

Do Neonicotinoid có tính phân cực và không bay hơi nên LC-MS được sử dụng rộng rãi nhất để phân tích các hợp chất này (Hao et al., 2015). Ngoài ra, LC-MS là lựa chọn ưu tiên do có độ nhạy và độ chọn lọc cao, cho phép phân tích nhiều chất dư (Jiménez-López et al., 2020). Trong phân tích các mẫu chứa Neonicotinoid bằng LC-MS, sắc ký lỏng tách các hợp chất khác nhau có trong mẫu dựa trên các đặc tính hóa học của chúng, chẳng hạn như độ phân cực và kích thước phân tử (Hao et al., 2015). Các hợp chất đã tách sau đó được đưa vào máy quang phổ khối, máy này ion hóa các

phân tử và tách chúng dựa trên tỷ lệ khối lượng trên điện tích (m/z) của chúng (Hao et al., 2015). Bằng cách phát hiện các ion được tạo ra từ các hợp chất Neonicotinoid, LC-MS có thể xác định và định lượng các loại thuốc trừ sâu này trong các ma trận phức tạp như mẫu môi trường, sản phẩm thực phẩm hoặc mô sinh học.

Sắc ký lỏng kết hợp với UV (LC-UV):

Trong phân tích LC-UV, việc tách các hợp chất Neonicotinoid được thực hiện thông qua sắc ký lỏng dựa trên các đặc tính hóa học của chúng. Pha động đưa mẫu qua cột sắc ký, tại đó các hợp chất Neonicotinoid khác nhau được tách dựa trên các yếu tố như độ phân cực và kích thước phân tử (Carbonell-Rozas et al., 2023). Phát hiện UV liên quan đến việc theo dõi độ hấp thụ ánh sáng UV của các hợp chất rửa giải. Neonicotinoid thường có phổ hấp thụ đặc trưng trong phạm vi UV, cho phép phát hiện và định lượng chúng (Carbonell-Rozas et al., 2023). Các đầu dò UV thường được thiết lập để theo dõi độ hấp thụ ở các bước sóng cụ thể mà Neonicotinoid thể hiện độ hấp thụ tối đa, thường trong phạm vi 200-300 nm. Phân tích LC-UV cung cấp thông tin định tính và định lượng về sự hiện diện của Neonicotinoid trong các mẫu (Carbonell-Rozas et al., 2023). Mặc dù có thể không cung cấp cùng mức độ nhạy và độ đặc hiệu như LC-MS, nhưng đây vẫn là phương pháp tiết kiệm chi phí và được sử dụng rộng rãi để sàng lọc và phân tích thường quy trong nhiều lĩnh vực như giám sát môi trường, nghiên cứu nông nghiệp và thử nghiệm an toàn thực phẩm (Jiménez-López et al., 2020).

Sắc ký khí kết hợp với khối phổ (GC-MS):

Sắc ký khí kết hợp với khối phổ (GC-MS) là một kỹ thuật mạnh mẽ khác được sử dụng để phân tích Neonicotinoid trong mẫu. Trong phân tích Neonicotinoid bằng GC-MS, mẫu thường được dẫn xuất trước để tăng độ bay hơi và độ ổn định nhiệt (Gawel et al., 2019). Sau khi dẫn

xuất, mẫu được đưa vào máy sắc ký khí, tại đó các hợp chất được tách ra dựa trên áp suất hơi và ái lực của chúng đối với pha tĩnh. Sau đó, các hợp chất đã tách ra được đưa vào máy quang phổ khối, tại đó chúng được ion hóa và phân mảnh. Phổ khối thu được là đặc trưng của từng hợp chất Neonicotinoid, cho phép xác định và định lượng chúng. GC-MS có độ nhạy và độ chọn lọc cao, phù hợp để phân tích Neonicotinoid ở mức vết trong các ma trận phức tạp. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng không phải tất cả Neonicotinoid đều có thể phân tích bằng GC-MS mà không cần dẫn xuất hóa, và một số có thể được phân tích tốt hơn bằng các kỹ thuật sắc ký lỏng như LC-MS hoặc LC-UV (Gawel et al., 2019).

Sắc ký ion (IC):

Trong phân tích IC của Neonicotinoid, mẫu được hòa tan trong dung môi thích hợp và được tiêm vào hệ thống sắc ký (Jiménez-López et al., 2020). Việc tách các hợp chất được thực hiện bằng cách sử dụng cột trao đổi ion, trong đó các loài ion trong mẫu tương tác với các vị trí tích điện trên pha tĩnh (Jiménez-López et al., 2020). Quá trình rửa giải các hợp chất thường đạt được bằng cách thay đổi thành phần của pha động, thường là dung dịch đệm nước. Phát hiện trong IC có thể được thực hiện bằng nhiều loại đầu dò khác nhau, bao gồm đầu dò độ dẫn điện, đầu dò UV hoặc máy quang phổ khối. Lựa chọn đầu dò phụ thuộc vào Neonicotinoid cụ thể đang được phân tích và độ nhạy phát hiện cần thiết.

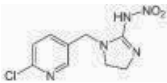
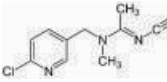
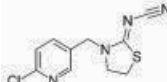
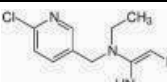
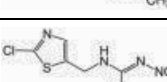
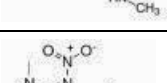
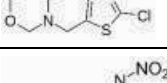
Điện di mao quản (CE):

Điện di mao quản (CE) là một kỹ thuật phân tích khác có thể được sử dụng để phân tích Neonicotinoid. Mặc dù có thể không được sử dụng phổ biến như sắc ký lỏng (LC) hoặc sắc ký khí (GC), CE mang lại những lợi thế độc đáo, đặc biệt là về hiệu quả phân tách cao, phân tích nhanh và tiêu thụ mẫu nhỏ (Carbonell-Rozas et al., 2023). Trong phân tích CE của Neonicotinoid, quá trình phân tách dựa trên sự di chuyển khác biệt của các chất tích điện trong

trường điện qua một mao quản hẹp chứa đầy dung dịch điện phân (Carbonell-Rozas et al., 2023). Neonicotinoid và các hợp chất liên quan có thể có đặc tính ion hoặc có thể trở thành ion thông qua quá trình dẫn xuất, cho phép chúng được phân tách dựa trên tỷ lệ điện tích trên kích thước của chúng. Cơ chế phân tách trong CE

khác với cơ chế trong sắc ký, dựa trên tính di động điện di của chất phân tích trong dung dịch điện phân. Điều này có thể mang lại lợi thế về tốc độ và hiệu quả, đặc biệt là đối với việc phân tích các hợp chất tích điện (Jiménez-López et al., 2020).

Bảng 1. Các loại Neonicotinoid trên thị trường

Neonicotinoid	Công thức hóa học	Tên đặt theo hệ thống IUPAC
Imidacloprid		N-(1-((6-Chloro-3-pyridyl) methyl)-4,5-dihydroimidazol-2-yl) nitramide.
Acetamiprid		N-((6-chloro-3-pyridyl) methyl)-N'-cyano-N-methyl-acetamidine.
Thiacloprid		((2Z)-3-((6-Chloropyridin-3-yl) methyl)-1,3-thiazolidin-2-ylidene) cyanamide.
Nitenpyram		(E)-N-(6-Chloro-3-pyridylmethyl)- N-ethyl-N'-methyl-2-nitrovinylidenediamine.
Clothianidin		(E)-1-(2-chloro-1,3-thiazol-5-ylmethyl)-3-methyl-2-nitroguanidine.
Thiamethoxam		3-((2-Chloro-1,3-thiazol-5-yl) methyl)-5-methyl-N-nitro-1,3,5-oxadiazinan-4-imine.
Dinotefuran		2-methyl-1-nitro-3-((tetrahydro-3-furanyl) methyl) guanidine.

Bảng 2. Tính chất hóa lý của Neonicotinoid

Neonicotinoid	Khối lượng phân tử (g mol ⁻¹)	Tỉ trọng (g cm ⁻³)	Nhiệt độ sôi (°C at 1 atm)	Log K _{ow}	Log K _{oc}
Imidacloprid (ICP)	255.7	1.59	442.3	0.57	2.1 – 2.5
Acetamiprid (ACE)	222.7	1.17	352.4	0.80	2.3
Thiacloprid (TCP)	252.7	1.42	423.1	1.26	3.67
Nitenpyram (NIT)	270.7	1.25	417.2	-0.66	1.78
Clothianidin (CTD)	249.7	1.61	435.2	0.91	2.1
Thiamethoxam (TXM)	291.7	1.71	485.8	-0.13	1.8
Dinotefuran (DIN)	202.2	1.42	334.5	-0.55	1.4

Bảng 3. Các kỹ thuật chuẩn bị mẫu thường được sử dụng để chuẩn bị các mẫu chứa Neonicotinoid

Loại mẫu	Kỹ thuật	Đặc điểm	Ưu điểm	Nhược điểm
Rắn	QuEChERS (Yang et al., 2022)	- Đây là kỹ thuật chuẩn bị mẫu thường được sử dụng trong hóa học phân tích để chiết xuất và làm sạch dư lượng thuốc trừ sâu trong nhiều loại ma trận, bao gồm mẫu thực phẩm, mẫu môi trường và mẫu sinh học. - Chiết xuất Neonicotinoid từ ma trận mẫu bằng acetonitril hoặc hỗn hợp acetonitril và nước. - Loại bỏ các chất gây nhiễu khỏi chiết xuất bằng cách sử dụng chiết xuất pha rắn phân tán (d-SPE) hoặc các kỹ thuật làm sạch khác giúp cải thiện tính chọn lọc và độ nhạy của phương pháp phân tích.	- QuEChERS là một kỹ thuật nhanh chóng và dễ hiểu - Là một kỹ thuật rẻ tiền, có thể tiết kiệm chi phí cho việc chuẩn bị mẫu - Có thể thích ứng với nhiều loại ma trận mẫu khác nhau - Độ thu hồi và độ chọn lọc chất phân tích cao - Thân thiện với môi trường	- Hiệu ứng ma trận gây trở ngại cho quá trình phân tích, dẫn đến giảm độ nhạy hoặc độ chính xác - QuEChERS có thể không chiết xuất hoàn toàn tất cả Neonicotinoid - Độ nhạy có thể bị hạn chế đối với quá trình phân tích Neonicotinoid ở mức vết
	Chiết xuất rắn-lỏng (Solid-liquid extraction -SLE) (Yáñez, Martín, Bernal, Nozal, & Bernal, 2014)	- SLE là một kỹ thuật chuẩn bị mẫu cổ điển được sử dụng để cô lập các hợp chất mục tiêu từ các chất nền rắn. - Các dung môi thông thường được sử dụng để chiết xuất Neonicotinoid bao gồm acetone, acetonitrile, methanol hoặc hỗn hợp của chúng. - Sau thời gian tiếp xúc đủ, hỗn hợp thường được ly tâm hoặc lọc để tách chiết xuất lỏng chứa Neonicotinoid khỏi cặn rắn.	- SLE có thể được áp dụng cho nhiều loại ma trận mẫu rắn - SLE cho phép thu hồi chất phân tích cao - SLE có thể tăng cường tính chọn lọc của quy trình chiết xuất, dẫn đến cải thiện độ nhạy và độ chính xác của phân tích. - Dễ vận hành, hiệu quả về mặt chi phí	- Hiệu ứng ma trận gây trở ngại cho quá trình phân tích, dẫn đến giảm độ nhạy hoặc độ chính xác - SLE vẫn có thể không chiết xuất hoàn toàn tất cả Neonicotinoid từ một số ma trận mẫu nhất định - Có thể cần các bước làm sạch bổ sung để loại bỏ các yếu tố gây nhiễu và cải thiện độ chính xác của quá trình phân tích. - Tốn nhiều công sức
Lỏng	Chiết xuất pha rắn (Solid-phase extraction - SPE) (Mohan, Kumar, Madan, & Saxena, 2010)	- SPE là kỹ thuật chiết xuất Neonicotinoid từ các ma trận phức tạp như trái cây, rau, đất, nước hoặc chất lỏng sinh học.	- Cải thiện khả năng chọn lọc chất phân tích, giảm nhiễu ma trận và tăng cường nồng độ chất phân tích.	- Phương pháp này đòi hỏi thiết bị và chất hấp thụ chuyên dụng, cũng như tối ưu hóa phương pháp cẩn thận để đạt được

Loại mẫu	Kỹ thuật	Đặc điểm	Ưu điểm	Nhược điểm
		- Neonicotinoid hấp thụ chọn lọc lên bề mặt của chất hấp thụ chiết xuất pha rắn do các tương tác cụ thể như tương tác kỵ nước, liên kết hydro hoặc phản ứng hóa học thuận nghịch	- SPE cho phép chiết xuất có chọn lọc Neonicotinoid từ các ma trận mẫu phức tạp bằng cách chọn chất hấp phụ có ái lực cụ thể đối với các chất phân tích mục tiêu. - SPE có thể được điều chỉnh cho nhiều ma trận mẫu khác nhau - Thân thiện với môi trường	hiệu quả chiết xuất và khả năng tái tạo tối ưu. - SPE có thể gặp phải hiệu ứng ma trận làm cản trở hiệu quả chiết xuất hoặc rửa giải Neonicotinoid từ chất hấp thụ SPE. - Thao tác với thể tích mẫu nhỏ - Chi phí cao, đòi hỏi nhân công có trình độ
	Chiết xuất lỏng-lỏng (Liquid-liquid extraction - LLE) (Vichapong, Burakham, & Srijaranai, 2016)	- LLE phân chia các chất cặn Neonicotinoid giữa hai pha lỏng không trộn lẫn: pha nước (ma trận mẫu) và pha hữu cơ (dung môi chiết xuất). - Mẫu lỏng chứa các chất cặn Neonicotinoid được trộn với dung môi chiết xuất hữu cơ trong phễu tách hoặc bình chiết. Neonicotinoid phân chia giữa pha nước và pha hữu cơ dựa trên độ hòa tan và hệ số phân phối của chúng. - Pha hữu cơ chứa Neonicotinoid được chiết xuất được tách cẩn thận khỏi pha nước và thu thập vào một thùng chứa riêng	- Hiệu suất chiết xuất cao - Bằng cách chọn dung môi và điều kiện chiết xuất phù hợp, dẫn đến chiết xuất sạch hơn và cải thiện độ nhạy phân tích. - Dễ vận hành - Có tính linh hoạt và khả năng tương thích với các kỹ thuật phân tích cao - Hiệu quả về chi phí	- LLE có thể gặp phải hiệu ứng ma trận, trong đó các thành phần của ma trận mẫu lỏng cản trở hiệu quả chiết xuất hoặc phân chia Neonicotinoid giữa pha nước và pha hữu cơ. - Hình thành nhũ tương, có thể cản trở quá trình tách pha, kéo dài thời gian chiết xuất và làm giảm hiệu quả chiết xuất, dẫn đến thu hồi không hoàn toàn Neonicotinoid. - Yêu cầu khối lượng dung môi hữu cơ tương đối lớn, có thể tạo ra một lượng lớn chất thải dung môi - Đòi hỏi nhiều nhân công - LLE có thể có những hạn chế trong việc xử lý khối lượng mẫu lớn
	Chiết xuất lỏng-lỏng phân tán (Dispersive liquid-liquid microextraction - DLLME)	- DLLME là kỹ thuật chuẩn bị mẫu kết hợp các nguyên tắc chiết xuất lỏng-lỏng (LLE) và chiết xuất pha rắn phân	- Hiệu quả chiết xuất cao - Quy trình thực hiện nhanh chóng, đơn giản	- Hiệu ứng ma trận có thể dẫn đến giảm hiệu quả chiết xuất, thu hồi không hoàn toàn và định lượng

Loại mẫu	Kỹ thuật	Đặc điểm	Ưu điểm	Nhược điểm
(Kachangoon, Vichapong, Santaladchaiyakit, Burakham, Srijaranai, 2020)	&	tán (d-SPE) để chiết xuất và cô đặc trước các chất phân tích từ các mẫu lỏng. - Các dung môi chiết xuất: dung môi clo như cloroform, dichloromethane hoặc clorobenzen - Hình thành hỗn hợp phân tán sau khi thêm dung môi chiết xuất	- Tiêu thụ dung môi thấp - Tương thích với nhiều kỹ thuật phân tích khác nhau	không chính xác các chất còn lại của Neonicotinoid - Sử dụng nhiều dung môi độc hại - Có những hạn chế khi xử lý thể tích mẫu lớn và các mẫu có nồng độ chất phân tích thấp - Tốn nhiều công sức cho tối ưu hóa

5. CÁC PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ NEONICOTINOID

Việc loại bỏ Neonicotinoid khỏi môi trường có thể là một thách thức do tính dai dẳng và việc sử dụng rộng rãi của chúng. Tuy nhiên, cùng với sự phát triển của khoa học và công nghệ, một số nghiên cứu trước đây đã đưa ra được các phương pháp xử lý nhằm giảm thiểu sự hiện diện của chúng trong môi trường bao gồm phân hủy sinh học, sử dụng thực vật để hấp thụ (phytoremediation), phân hủy hóa học, sử dụng vật liệu hấp phụ, và áp dụng các công nghệ xử lý nước. Ngoài ra, triển khai các chương trình quản lý dịch hại tổng hợp và các biện pháp quản lý dựa vào các quy định và chính sách của chính phủ cũng góp phần giảm thiểu ô nhiễm Neonicotinoid trong môi trường.

5.1. Phân hủy sinh học

Phân hủy sinh học cung cấp một con đường đầy hứa hẹn để loại bỏ Neonicotinoid khỏi môi trường. Quá trình này liên quan đến việc phân hủy các loại thuốc trừ sâu này bởi các vi sinh vật thành các hợp chất đơn giản hơn và thường ít độc hơn (Anjos et al., 2021). Các quá trình phân hủy sinh học góp phần loại bỏ Neonicotinoid bao gồm phân hủy vi khuẩn, phân hủy sinh học đất, và phân hủy sinh học nước (Anjos et al., 2021).

Phân hủy vi khuẩn: Một số vi khuẩn, nấm và các vi sinh vật khác đã phát triển khả năng chuyển hóa Neonicotinoid thành nguồn cacbon và năng lượng (Gautam, Dubey et al., 2023). Các vi sinh vật này sản xuất ra các enzyme phá vỡ cấu trúc hóa học của Neonicotinoid, chuyển đổi chúng thành các chất chuyển hóa thường ít gây hại hơn cho môi trường.

Phân hủy sinh học đất: Neonicotinoid được bón vào đất có thể bị phân hủy bởi các vi sinh vật đất bản địa. Các yếu tố như độ ẩm đất, nhiệt độ, độ pH và hàm lượng chất hữu cơ ảnh hưởng đến tốc độ và mức độ phân hủy sinh học (Anjos et al., 2021; Gautam, Dubey et al., 2023). Điều kiện hiếu khí (có oxy) thường thúc đẩy quá trình phân hủy sinh học nhanh hơn so với điều kiện kỵ khí.

Phân hủy sinh học nước: Neonicotinoid có trong môi trường nước cũng có thể bị phân hủy sinh học bởi các vi sinh vật trong nước và trầm tích. Vi khuẩn và nấm dưới nước chuyển hóa Neonicotinoid được giải phóng vào các vùng nước thông qua dòng chảy hoặc ứng dụng trực tiếp (Anjos et al., 2021; Gautam, Dubey et al., 2023). Tuy nhiên, tốc độ phân hủy sinh học có thể thay đổi tùy thuộc vào các yếu tố môi trường như nhiệt độ, khả năng cung cấp chất dinh dưỡng và sự hiện diện của các chất gây ô nhiễm khác.

Bằng cách khai thác các quá trình phân hủy sinh học tự nhiên do các cộng đồng vi khuẩn làm trung gian, có thể làm giảm sự tồn tại và tích tụ của Neonicotinoid trong môi trường. Tuy nhiên, các nghiên cứu xa hơn về tối ưu hóa các quá trình phân hủy sinh học, hiểu được các tác động lâu dài của dư lượng Neonicotinoid và các chất chuyển hóa của chúng và phát triển các chiến lược phục hồi bền vững là cần thiết nhằm giảm thiểu tác động đến môi trường.

5.2. Sử dụng thực vật để hấp thụ (Phytoremediation)

Phytoremediation cung cấp một phương pháp bền vững để loại bỏ Neonicotinoid khỏi môi trường. Phương pháp này bao gồm việc sử dụng thực vật để chiết xuất, phân hủy hoặc cố định các chất gây ô nhiễm từ đất, nước hoặc không khí (Wei et al., 2023). Mặc dù phương pháp này có thể không được áp dụng rộng rãi đối với Neonicotinoid như đối với một số chất gây ô nhiễm khác, nhưng một số loại thực vật nhất định đã cho thấy triển vọng trong các nỗ lực phytoremediation nhắm vào các loại thuốc trừ sâu này. Cơ chế loại bỏ Neonicotinoid của phytoremediation bao gồm các quá trình:

Tích lũy và hấp thụ: Một số loài thực vật có khả năng hấp thụ Neonicotinoid từ đất hoặc nước và tích tụ chúng trong mô của chúng (Wei et al., 2023). Những loài thực vật này, được gọi là siêu tích tụ, có thể loại bỏ Neonicotinoid hiệu quả khỏi môi trường bị ô nhiễm thông qua quá trình hấp thụ qua rễ và chuyển đến các bộ phận trên mặt đất.

Phytoextraction: Sau khi được rễ hấp thụ, Neonicotinoid có thể được chuyển đến các bộ phận trên không của thực vật, nơi chúng có thể được thu hoạch và loại bỏ khỏi địa điểm. Phytoextraction bao gồm quá trình hấp thụ và cô đặc các chất gây ô nhiễm trong sinh khối có thể thu hoạch của thực vật, cung cấp một phương tiện để loại bỏ Neonicotinoid khỏi môi trường (Wei et al., 2023).

Phytodegradation: Một số loài thực vật sở hữu các enzyme hoặc con đường chuyển hóa có thể phân hủy Neonicotinoid trong mô của chúng. Phytodegradation có vai trò trong việc phân hủy Neonicotinoid thành các hợp chất ít độc hơn hoặc không độc hại bởi các enzyme thực vật, góp phần giải độc các vị trí bị ô nhiễm (Wei et al., 2023).

Rhizodegradation: Một số loài thực vật giải phóng dịch tiết rễ có chứa enzyme hoặc các hợp chất khác thúc đẩy quá trình phân hủy Neonicotinoid trong vùng rễ - vùng đất chịu ảnh hưởng của hoạt động rễ. Rhizodegradation ảnh hưởng đến quá trình phân hủy Neonicotinoid do vi khuẩn trung gian được tạo điều kiện thuận lợi bởi sự tương tác giữa rễ cây và các vi sinh vật đất (Wei et al., 2023).

Ổn định và cố định: Ngoài việc hấp thụ và phân hủy, thực vật cũng có thể góp phần cố định hoặc ổn định Neonicotinoid trong đất. Dịch tiết rễ và căn bã thực vật có thể liên kết với Neonicotinoid, làm giảm khả năng di chuyển và khả dụng sinh học của chúng trong môi trường (Wei et al., 2023).

5.3. Phân hủy hóa học

Các phương pháp phân hủy hóa học cung cấp các phương tiện hiệu quả để loại bỏ Neonicotinoid khỏi môi trường. Các phương pháp này liên quan đến việc áp dụng các tác nhân hoặc quy trình hóa học để phân hủy các phân tử Neonicotinoids thành các hợp chất đơn giản hơn, ít độc hơn (Wei et al., 2023). Sau đây là một số kỹ thuật phân hủy hóa học được sử dụng để khắc phục Neonicotinoid:

Các quy trình oxy hóa nâng cao (AOP): AOP sử dụng các tác nhân oxy hóa mạnh để phân hủy Neonicotinoid (Fasnabi, Madhun et al., 2015). Các AOP phổ biến bao gồm ozon hóa, chiếu xạ UV và thuốc thử Fenton (hydro peroxide với sắt hai). Các quy trình này tạo ra các gốc hydroxyl phản ứng cao ($\bullet\text{OH}$) oxy hóa Neonicotinoid, dẫn đến sự phân hủy của chúng thành các mảnh nhỏ hơn, ít độc hơn.

Thủy phân: Neonicotinoid có thể trải qua quá trình thủy phân trong môi trường nước, đặc biệt là trong điều kiện kiềm. Thủy phân liên quan đến việc cắt các liên kết hóa học trong các phân tử neonicotinoid bởi các phân tử nước, dẫn đến sự hình thành các sản phẩm phân hủy có thể ít bền và độc hơn (Fasnabi, Madhu et al., 2015; Wei et al., 2023).

Phân hủy quang: Tiếp xúc với ánh sáng mặt trời có thể tạo điều kiện cho quá trình phân hủy quang của Neonicotinoid trong môi trường. Bức xạ UV thúc đẩy các phản ứng hóa học phân hủy các phân tử neonicotinoid thành các hợp chất đơn giản hơn (Wei et al., 2023). Quá trình phân hủy quang học hiệu quả hơn đối với Neonicotinoid có nhóm chức sắc hấp thụ tia UV.

Quá trình khử hóa học: Phản ứng khử có thể biến Neonicotinoid thành các hợp chất ít độc hơn. Ví dụ, quá trình khử nhóm nitro có trong một số Neonicotinoid có thể dẫn đến sự hình thành các dẫn xuất amino, có thể ít bền hơn trong môi trường.

Hydroxyl hóa hóa học: Hydroxyl hóa hóa học liên quan đến việc bổ sung các nhóm hydroxyl (-OH) vào các phân tử Neonicotinoid, thường dẫn đến việc chuyển đổi chúng thành các chất chuyển hóa phân cực hơn và hòa tan trong nước. Quá trình này có thể xảy ra trong một số điều kiện oxy hóa nhất định hoặc khi có chất xúc tác cụ thể.

5.4. Sử dụng vật liệu hấp phụ

Hấp phụ là một kỹ thuật đa năng và được sử dụng rộng rãi để loại bỏ Neonicotinoid khỏi môi trường. Hấp phụ liên quan đến việc gắn các phân tử Neonicotinoid lên bề mặt của các hạt rắn hoặc vật liệu, làm giảm nồng độ của chúng trong môi trường xung quanh (Shi et al., 2022; Wei et al., 2023). Các yếu tố quyết định hiệu quả loại bỏ Neonicotinoid của hấp phụ bao gồm vật liệu hấp phụ, cơ chế và động học của quá trình hấp phụ.

Vật liệu hấp phụ: Nhiều vật liệu khác nhau có thể đóng vai trò là chất hấp phụ Neonicotinoid, bao gồm than hoạt tính, khoáng sét (ví dụ: montmorillonite, kaolinite), than sinh học và một số loại đất nhất định. Những vật liệu này có diện tích bề mặt lớn và ái lực cao với các phân tử Neonicotinoid, khiến chúng có hiệu quả trong việc loại bỏ hấp phụ. Vật liệu hấp phụ thường có thể được tái sinh và tái sử dụng nhiều lần, giúp giảm tổng chi phí và tác động môi trường của các nỗ lực khắc phục Neonicotinoid. Các phương pháp tái sinh có thể bao gồm giải hấp Neonicotinoid bằng dung môi hoặc xử lý nhiệt để khôi phục khả năng hấp phụ của vật liệu.

Cơ chế: Hấp phụ xảy ra thông qua các tương tác vật lý và hóa học giữa các phân tử Neonicotinoid và bề mặt của vật liệu hấp phụ. Hấp phụ vật lý liên quan đến lực Van der Waals yếu hoặc tương tác tĩnh điện, trong khi hấp phụ hóa học có thể liên quan đến liên kết cộng hóa trị hoặc cơ chế trao đổi ion.

Động học hấp phụ: Tốc độ và mức độ hấp phụ Neonicotinoid phụ thuộc vào các yếu tố như nồng độ Neonicotinoid trong dung dịch, diện tích bề mặt và cấu trúc lỗ rỗng của vật liệu hấp phụ, nhiệt độ, độ pH và sự hiện diện của các ion cạnh tranh hoặc chất hữu cơ.

5.5. Sử dụng các công nghệ xử lý nước để loại bỏ Neonicotinoid

Neonicotinoid có thể được loại bỏ khỏi nguồn nước bị ô nhiễm thông qua một số công nghệ xử lý nước được sử dụng trong các nhà máy xử lý nước. Kết hợp nhiều công nghệ xử lý nước trong một chuỗi xử lý có thể nâng cao hiệu quả loại bỏ Neonicotinoid và đảm bảo sản xuất nước uống an toàn và sạch. Một số công nghệ xử lý nước thường được sử dụng để loại bỏ Neonicotinoid như là lọc than hoạt tính, thẩm thấu ngược, siêu lọc, các quá trình oxy hóa nâng cao (AOP), các phương pháp sinh học, keo tụ - tạo bông, trao đổi ion (Yao, Zhou et al., 2024).

Lọc than hoạt tính: Than hoạt tính có hiệu quả cao trong việc hấp phụ Neonicotinoid khỏi nước. Trong quá trình này, nước đi qua một lớp than hoạt tính, tại đó các phân tử Neonicotinoid được hấp phụ lên bề mặt của các hạt carbon (Wei et al., 2023; Yao, Zhou et al., 2024). Bộ lọc than hoạt tính thường được sử dụng trong các nhà máy xử lý nước uống để loại bỏ Neonicotinoid và các chất gây ô nhiễm hữu cơ khác.

Thẩm thấu ngược (RO): Thẩm thấu ngược là một quá trình lọc màng loại bỏ các chất gây ô nhiễm khỏi nước bằng cách ép nước qua một màng bán thấm (Yao, Zhou et al., 2024). Neonicotinoid được loại bỏ hiệu quả bằng màng RO do kích thước phân tử lớn và đặc tính điện tích của chúng. RO thường được sử dụng trong các hệ thống lọc nước dân dụng và công nghiệp để sản xuất nước uống chất lượng cao.

Siêu lọc (UF): Siêu lọc là một quá trình xử lý nước dựa trên màng khác giúp loại bỏ Neonicotinoid bằng cách sàng lọc vật lý chúng ra khỏi nước (Yao, Zhou et al., 2024). Màng UF có kích thước lỗ nhỏ hơn so với các màng được sử dụng trong các phương pháp lọc thông thường, cho phép loại bỏ các hạt và chất gây ô nhiễm xuống đến kích thước nanomet.

Các quá trình oxy hóa nâng cao (AOP): Các AOP, chẳng hạn như ozon hóa, chiếu xạ UV và thuốc thử Fenton, sử dụng các tác nhân oxy hóa mạnh để phân hủy Neonicotinoid trong nước. Các quy trình này tạo ra các gốc hydroxyl phản ứng cao ($\bullet\text{OH}$) oxy hóa các phân tử Neonicotinoid, dẫn đến sự phân hủy của chúng thành các hợp chất đơn giản hơn, ít độc hơn (Yao, Zhou et al., 2024).

Xử lý sinh học: Các phương pháp xử lý sinh học, chẳng hạn như phục hồi sinh học và lọc sinh học, sử dụng các vi sinh vật để phân hủy Neonicotinoid trong nước. Trong quá trình phục hồi sinh học, các cộng đồng vi khuẩn chuyển hóa Neonicotinoid thành nguồn năng lượng và cacbon, trong khi các hệ thống lọc

sinh học sử dụng màng sinh học để hấp thụ và phân hủy các chất gây ô nhiễm khi nước đi qua môi trường lọc (Yao, Zhou et al., 2024).

Keo tụ và tạo bông: Các quá trình keo tụ và tạo bông liên quan đến việc thêm hóa chất vào nước để tạo thành các bông cặn hấp thụ Neonicotinoid và các chất gây ô nhiễm khác (Yao, Zhou et al., 2024). Sau đó, các bông cặn này được loại bỏ bằng cách lắng hoặc lọc, tạo ra nước sạch hơn.

Trao đổi ion: Nhựa trao đổi ion có thể được sử dụng để loại bỏ Neonicotinoid khỏi nước bằng cách trao đổi các ion Neonicotinoid lấy các ion liên kết với nhựa (Yao, Zhou et al., 2024). Quá trình này loại bỏ hiệu quả Neonicotinoid khỏi nước và thường được sử dụng trong các ứng dụng xử lý nước công nghiệp và đô thị (Brovini et al., 2023).

6. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu về nguồn gốc, tính chất, và sự vận chuyển của Neonicotinoid trong môi trường cũng như các phương pháp phân tích mẫu và loại bỏ chúng ra khỏi các môi trường thành phần là hết sức cần thiết. Neonicotinoid đi vào môi trường phần lớn thông qua việc sử dụng các loại thuốc trừ sâu trong nông nghiệp. Neonicotinoid thường tồn tại lâu dài trong đất tuy nhiên thời gian bán phân hủy của chúng là khác nhau đối với các loại đất khác nhau. Hơn nữa, Neonicotinoid dễ dàng đi vào môi trường nước vì chúng có độ hòa tan cao; gây ra rủi ro cho động vật khi tiếp xúc phải. Có nhiều phương pháp đã được phát triển để phân tích nồng độ của Neonicotinoid trong môi trường bao gồm sắc ký lỏng kết hợp với khối phổ (LC-MS), sắc ký lỏng kết hợp với UV (LC-UV), sắc ký khí kết hợp với khối phổ (GC-MS), sắc ký ion (IC), và điện di mao quản (CE). Bên cạnh đó, nhiều phương pháp loại bỏ Neonicotinoid để giảm tác động của chúng cũng đã được nghiên cứu và áp dụng như là phân hủy sinh học, phytoremediation, phân hủy hóa học, sử dụng vật liệu hấp phụ, và các công nghệ xử lý

nước. Hiểu rõ các phương pháp phân tích mẫu chứa Neonicotinoid và các phương pháp loại bỏ chúng ra khỏi các môi trường là cơ sở để đưa ra các quyết định về sản xuất, tiêu thụ và sử dụng chúng trong nông nghiệp. Bài báo này là cơ sở cho các nhà khoa học và các nhà quản lý nông nghiệp và môi trường bắt tay tiến hành các nghiên cứu liên ngành. Điều này có ý nghĩa trong việc xây dựng một nền nông nghiệp xanh, thân thiện với môi trường, và phát triển bền vững. Do đó, các nghiên cứu sâu hơn và cụ thể hơn về Neonicotinoid là cần thiết cho tương lai.

LỜI CẢM ƠN

Các tác giả xin cảm ơn Trường Đại học Công nghệ Đồng Nai, Trường Đại học Văn Lang đã hỗ trợ cho nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Anjos, C. S., Lima, R. N., & Porto, A. L. (2021). An overview of neonicotinoids: biotransformation and biodegradation by microbiological processes. *Environmental Science Pollution Research*, 28, 37082-37109.
- Brovini, E. M., Moreira, F. D., Martucci, M. E. P., & de Aquino, S. F. (2023). Water treatment technologies for removing priority pesticides. *Journal of Water Process Engineering*, 53, 103730.
- Carbonell-Rozas, L., Lara, F. J., & García-Campaña, A. M. (2023). Analytical methods based on liquid chromatography and capillary electrophoresis to determine neonicotinoid residues in complex matrices. A comprehensive review. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 1-29.
- Chau, N. D. G., Sebesvari, Z., Amelung, W., & Renaud, F. G. (2015). Pesticide pollution of multiple drinking water sources in the Mekong Delta, Vietnam: evidence from two provinces. *Environmental Science Pollution Research*, 22, 9042-9058.
- Ensley, S. M. (2018). Neonicotinoids. In *Veterinary toxicology* (pp. 521-524): Elsevier.
- Fasnabi, P., & Madhu, G. (2015). *Studies on Advanced Oxidation Processes for the Removal of Acetamiprid from Wastewater*. Cochin University of Science and Technology.
- Gautam, P., & Dubey, S. K. (2023). Biodegradation of Neonicotinoids: current Trends and Future prospects. *Current Pollution Reports*, 9(3), 410-432.
- Gawel, M., Kiljanek, T., Niewiadowska, A., Semeniuk, S., Goliszek, M., Burek, O., & Posyniak, A. (2019). Determination of neonicotinoids and 199 other pesticide residues in honey by liquid and gas chromatography coupled with tandem mass spectrometry. *Food Chemistry*, 282, 36-47.
- Gibbons, D., Morrissey, C., & Mineau, P. (2015). A review of the direct and indirect effects of neonicotinoids and fipronil on vertebrate wildlife. *Environmental Science Pollution Research*, 22, 103-118.
- González-Curbelo, M., Socas-Rodríguez, B., Herrera-Herrera, A., González-Sálamo, J., Hernández-Borges, J., & Rodríguez-Delgado, M. (2015). Evolution and applications of the QuEChERS method. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 71, 169-185.
- Goulson, D. (2013). An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. *Journal of Applied Ecology*, 50(4), 977-987.
- Hao, C., Morse, D., Zhao, X., & Sui, L. (2015). Liquid chromatography/tandem mass spectrometry analysis of neonicotinoids in environmental water. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 29(23), 2225-2232.
- Jiménez-López, J., Llorent-Martínez, E., Ortega-Barrales, P., & Ruiz-Medina, A. (2020). Analysis of neonicotinoid pesticides in the agri-food sector: a critical assessment of the state of the art. *Applied Spectroscopy Reviews*, 55(8), 613-646.
- Kachangoon, R., Vichapong, J., Santaladchaiyakit, Y., Burakham, R., & Srijaranai, S. (2020). An eco-friendly hydrophobic deep eutectic solvent-based dispersive liquid-liquid microextraction

- for the determination of neonicotinoid insecticide residues in water, soil and egg yolk samples. *Molecules*, 25(12), 2785.
- Lopez-Antia, A., Ortiz-Santaliestra, M. E., Mougeot, F., & Mateo, R. (2013). *Experimental* exposure of red-legged partridges (*Alectoris rufa*) to seeds coated with imidacloprid, thiram and difenoconazole. *Ecotoxicology*, 22, 125-138.
- Mohan, C., Kumar, Y., Madan, J., & Saxena, N. (2010). Multiresidue analysis of neonicotinoids by solid-phase extraction technique using high-performance liquid chromatography. *Environmental Monitoring and Assessment*, 165, 573-576.
- Morrissey, C. A., Mineau, P., Devries, J. H., Sanchez-Bayo, F., Liess, M., Cavallaro, M. C., & Liber, K. (2015). Neonicotinoid contamination of global surface waters and associated risk to aquatic invertebrates: a review. *Environment International*, 74, 291-303.
- Shi, Y., Wang, S., Xu, M., Yan, X., Huang, J., & Wang, H.-w. (2022). Removal of neonicotinoid pesticides by adsorption on modified *Tenebrio molitor* frass biochar: Kinetics and mechanism. *Separation and Purification Technology*, 297, 121506.
- Sur, R., & Stork, A. J. B. o. i. (2003). Uptake, translocation and metabolism of imidacloprid in plants. *Bulletin of Insectology*, 56, 35-40.
- Tapparo, A., Marton, D., Giorio, C., Zanella, A., Soldà, L., Marzaro, M., . . . Girolami, V. (2012). Assessment of the environmental exposure of honeybees to particulate matter containing neonicotinoid insecticides coming from corn coated seeds. *Environmental science & technology*, 46(5), 2592-2599.
- Van Toan, P., Sebesvari, Z., Bläsing, M., Rosendahl, I., & Renaud, F. G. (2013). Pesticide management and their residues in sediments and surface and drinking water in the Mekong Delta, Vietnam. *Science of The Total Environment*, 452, 28-39.
- Vichapong, J., Burakham, R., & Srijaranai, S. (2016). Alternative liquid-liquid microextraction as cleanup for determination of neonicotinoid pesticides prior HPLC analysis. *Chromatographia*, 79, 285-291.
- Wan, Y., Tran, T. M., Nguyen, V. T., Wang, A., Wang, J., & Kannan, K. (2021). Neonicotinoids, fipronil, chlorpyrifos, carbendazim, chlorotriazines, chlorophenoxy herbicides, bentazon, and selected pesticide transformation products in surface water and drinking water from northern Vietnam. *Science of The Total Environment*, 750, 141507.
- Wei, J., Wang, X., Tu, C., Long, T., Bu, Y., Wang, H., . . . Deng, S. (2023). Remediation technologies for neonicotinoids in contaminated environments: Current state and future prospects. *Environment International*, 108044.
- Wood, T. J., & Goulson, D. (2017). The environmental risks of neonicotinoid pesticides: a review of the evidence post 2013. *Environmental Science Pollution Research*, 24, 17285-17325.
- Yáñez, K. P., Martín, M. T., Bernal, J. L., Nozal, M. J., & Bernal, J. (2014). Trace analysis of seven neonicotinoid insecticides in bee pollen by solid-liquid extraction and liquid chromatography coupled to electrospray ionization mass spectrometry. *Food Analytical Methods*, 7, 490-499.
- Yang, B., Ma, W., Wang, S., Shi, L., Li, X., Ma, Z., . . . Li, H. (2022). Determination of eight neonicotinoid insecticides in Chinese cabbage using a modified QuEChERS method combined with ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Food Chemistry*, 387, 132935.
- Yao, B., & Zhou, Y. (2024). Removal of neonicotinoid insecticides from water in various treatment processes: A review. *Critical reviews in Environmental Science and technology*, 1-33.

AN OVERVIEW OF NEONICOTINOID CONTAMINATION FROM AGRICULTURAL ACTIVITIES AND TREATMENT METHODS\

Hoang Hong Giang¹, Dong Thi Thu Huyen¹, Bui Thi Phuong Thuy^{2*}

¹*Dong Nai Technology University*

²*Van Lang University*

*Corresponding author: Bui Thi Phuong Thuy, thuy.btp@vlu.edu.vn

GENERAL INFORMATION

Received date: 04/06/2024

Revised date: 12/06/2024

Accepted date: 28/06/2024

KEYWORD

Neonicotinoids;

Neonicotinoid analysis;

Neonicotinoid treatment;

Green agriculture;

Sustainable agriculture.

ABSTRACT

Pesticides play an important role in maintaining agricultural productivity. Among the pesticides available on the market today, Neonicotinoids are widely used, leading to an increase in their residues in the environment. The presence of Neonicotinoids in soil, water, and air can affect organisms and human health through the food chain. Therefore, research on Neonicotinoids is essential towards a green agriculture. This study aims to summarize general information on the origin, characteristics, and fate and transport of Neonicotinoids in the environment. Methods for analyzing samples containing Neonicotinoids and techniques for removing them from the environment are also presented in this study. This study provides a basis for further research on Neonicotinoids as well as a basis for environmental and agricultural managers in the period towards sustainable development.